



TÜRKİYE İMALAT SANAYİNDE ENERJİ YOĞUNLUĞU: FİRMA BAZINDA BAZI KANITLAR¹

Almila BURGAÇ ÇİL²

Öz

Enerji etkinliğinin yaygın bir göstergesi olarak kullanılan enerji yoğunluğu, enerji politikalarının temel unsurlarından birini oluşturmaktadır. Nitekim, ülkelerin ulusal enerji verimliliği eylem planlarında, enerji yoğunluğunu azaltmaya yönelik politika oluşturulması başlıca hedefler arasında yer almaktadır. Enerji açısından dışa bağımlılığı yüksek olan Türkiye ekonomisi için enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik stratejilerin öneminin önümüzdeki on yıllarda artacağı aşikardır. Enerji verimliliğinin iyileştirilmesi, Toplam faktör verimliliği iyileştirmesine dayandığından toplam faktör verimliliğindeki iyileştirmeler son yıllarda politika yapıcılar için önemli öncelik olmuştur. Böylelikle sürdürülebilir kalkınma stratejisi kapsamında, enerji yoğunluğunun azaltılmasında toplam faktör verimliliğinin rolünün anlaşılması önemlidir. Dolayısıyla, Türkiye ekonomisinde enerji tüketimi açısından en önemli sektör olan imalat sanayi için enerji yoğunluğunun azaltılması ve enerji yoğunluğunu etkileyen faktörlerin belirlenmesi oldukça önemlidir. Bu bağlamda, bu çalışmanın amacı, imalat sanayi ve seçilmiş dört alt sektör için enerji yoğunluğu ile toplam faktör verimliliği ve firma karakteristik özellikleri arasındaki ilişkiyi incelemektir. Bu çalışmanın bulguları, enerji yoğunluğu ile toplam faktör verimliliği ve çok sayıda firma özelliği arasında güçlü bir ilişki olduğunu göstermektedir. İmalat sanayinde faaliyet gösteren firmaların enerji yoğunluğunun, toplam faktör verimliliği, çalışan başı sabit sermaye stoku ve firma büyüklüğünün artması ile azalması beklenmektedir. Bulgular, makro bir politikanın değil enerjinin verimli kullanılmasını teşvik etmeyi amaçlayan firma bazlı selektif politikalara işaret etmesi açısından önemli ipuçları vermektedir.

Anahtar Kelimeler : Enerji Yoğunluğu, Toplam Faktör Verimliliği, Türkiye İmalat Sanayi.

JEL Sınıflandırması : C14, D24, C25.

¹ Bu makale, EconAnadolu 2017, V. Anadolu Uluslararası İktisat Kongresi'nde sunulan "Türkiye İmalat Sanayinde Firma Bazında Enerji Yoğunluğu ve Toplam Faktör Verimliliği" başlıklı ve II. Uluslararası Stratejik Araştırmalar Kongresi'nde sunulan "Enerji Yoğunluğu ve Verimlilik Arasındaki İlişkinin Türkiye İmalat Sanayi Alt Sektörleri için Tahmini" başlıklı bildirilerin genişletilmiş halidir.

² Dr. Öğr. Üyesi, Çukurova Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, aburgac@cu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-9481-8799.

Atf/Citation (APA 6):

Burğaç-Çil, A. (2023). Türkiye imalat sanayinde enerji yoğunluğu: Firma bazında kanıtlar. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16(4), 987–998. <https://doi.org/10.25287/ohuiibf.1306918>.

ENERGY INTENSITY IN THE TURKISH MANUFACTURING INDUSTRY: SOME FIRM LEVEL EVIDENCE

Abstract

The energy intensity is one of the basis elements of energy policies. In fact, to reduce energy intensity is one of the main objectives of policy formulation in the national energy efficiency action plans of the countries. It is obvious that the effort and strategies for increasing energy efficiency in Turkey is going to increase in the following decades. Reducing energy intensity and determining factors affecting the energy intensity are very important for manufacturing industry which is the most important sector in terms of energy consumption in Turkish Economy. Energy efficiency improvement is based on total factor productivity improvement, and this improvements have been a key priority for policy makers in recent years. Thus, the role of total factor productivity in reducing energy intensity is important within the scope of sustainable development strategy. In this context, the aim of this study is to examine the relationship between energy intensity and firm characteristics for the manufacturing industry and four selected sub-sectors. The empirical findings of this study show that there is a strong relationship between energy intensity and total factor productivity. The energy intensity of firms operating in the manufacturing industry is expected to decrease with the increase in total factor productivity, fixed capital stock per employee and firm size. The findings provide important clues for the making of firm-based selective policies aimed at decreasing the energy intensity.

Keywords : Energy Intensity, Total Factor Productivity, Turkish Manufacturing Sector.

JEL Classification : C14, D24, C25.

GİRİŞ

Enerji tüketimi, toplumun sosyo-ekonomik gelişiminin itici gücü olmasına rağmen kritik öncelik enerji yoğunluğunu azaltılmasıdır. Bu kritik öncelik son 20 yılda, sürdürülebilir kalkınmanın önemli bir bileşeni haline gelmiştir. (Choi, Park, Yu, 2017). Dünyadaki tüm ülkelerin sahip olduğu en önemli enerji kaynağı “enerji yoğunluğunun iyileştirilmesi”dir (İslam & Hasanuzzaman, 2020). Yaygın olarak enerji etkinliği göstergesi olarak kullanılan enerji yoğunluğu, enerji tüketiminin katma değere oranı olarak ifade edilmektedir. Bu ölçümü Uluslararası Enerji Ajansına (IEA) 2009 raporunda enerji etkinliği olarak tanımlanmaktadır. Enerji yoğunluğunun azalması enerji etkinliğinin arttığı yönünde yorumlanmaktadır. Enerji yoğunluğu bir birim çıktı üretmek için gereken enerji miktarını ölçmektedir ve enerji yoğunluğu seviyesinin yüksek olması ise bir birim çıktı üretmek için daha fazla enerji gerektiği anlamına gelmektedir. Dolayısıyla da enerji yoğunluğunun iyileştirilmesi, sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması için oldukça dikkat çekmektedir. Fisher-Vanden, Jefferson, Jingkui, Jianyi (2006), enerji verimliliği iyileştirmelerinin arkasındaki birincil faktörün teknolojik değişim olduğunu vurgulamıştır. Aynı zamanda iktisadi büyüme modellerinde Toplam Faktör Verimliliği (TFV), ekonomik büyümenin ana kaynağıdır. Tzeremes (2020), TFV'nin teknolojik gelişmişlik düzeyini gösterdiğini vurgulamaktadır. Sonuç olarak, teknolojik ilerlemenin tek faktör olduğu düşünüldüğünde, birim çıktı başına enerji tüketiminin azaltılmasında TFV'nin rolüne çok dikkat edilmektedir (Shen, Lin, Wu, 2019). Enerji verimliliğinin iyileştirilmesi, TFV iyileştirmesine dayandığından TFV'deki iyileştirmeler son yıllarda politika yapıcılar için önemli öncelik olmuştur.

Toplam faktör verimliliğindeki iyileşmelerin ekonomik büyümeyi açıklamadaki en önemli dinamiklerden biri olduğu ve aynı zamanda Türkiye ekonomisinin son 60 yılında büyümenin ana kaynağı olduğu kabul edilmekle birlikte (Ateşgaoğlu, Elgin, Oztunali, 2017), enerji verimliliği ve TFV bağlantısı yeteri kadar araştırılmamıştır. Bu bağlamda, enerji verimliliğinin ölçülmesine ve iyileştirilmesine giderek daha fazla önem vermektedir. Sonuç olarak, 2007 yılında Enerji Verimliliği Kanunu kabul edilmiş ve 2012 yılında Enerji Verimliliği Strateji Belgesi yürürlüğe girmiştir. Bu düzenlemelerin yürürlüğe girmesiyle birlikte enerji yoğunluğunu %20 oranında iyileştirilmesi

hedeflenmektedir. Son Beş Yıllık Kalkınma Planı'nda 2023 yılına kadar ihracatın 500 milyar dolara ulaşması hedefleri bulunduğundan, enerji yoğunluğu ile ihracat arasındaki ilişkinin firmalar arasındaki heterojenlik dikkate alınarak araştırılması gerekmektedir. Dolayısıyla enerji yoğunluğu yüksek olan ihracatçı firmaların ihracatlarını artırmaları, enerji yoğunluğunu azaltma hedefleriyle tutarlı olmayacaktır.

Enerji yoğunluğu ile firma verimliliği doğrudan ilişkilidir (Chen, Chen, Jin ve Lu, 2020). Daha yüksek enerji yoğunluğuna sahip firmalar daha düşük verimliliğe sahip olma eğilimindeyse, enerji politikası bunu dikkate almalıdır (Boyd ve Pang, 2000). Ekonomik büyüme ve sosyo-ekonomik gelişme, firmaların toplam faktör verimliliğindeki iyileşmelerle de örtüşmektedir. Sürdürülebilir kalkınma stratejisi kapsamında, enerji yoğunluğunun azaltılmasında *TFV*'nin rolünün anlaşılması politika yapıcılar için önemlidir. Montalbano ve Nencic (2019), enerji verimliliği ile firma özellikleri arasındaki ilişkinin enerji politikaları oluşturmak için önemli olmasına rağmen derinlemesine çalışılmadığını da vurgulamaktadır. Bu bağlamda çalışma, firmaların toplam faktör verimliliği ve firma karakteristik özelliklerinin enerji yoğunluğunu iyileştirilmesindeki rolünü vurgularken Türkiye imalat sanayi ve enerji yoğunluğu yüksek olan dört alt sektör için firmaların *TFV*'sinin enerji verimliliğindeki iyileşme üzerine firma düzeyinde kanıt sağlamayı amaçlamaktadır. Bu bağlamda firma düzeyinde enerji yoğunluğu ve firma *TFV* ile diğer firma karakteristik özellikleri arasındaki ilişki tahmin edilmiştir. Tahmin sonuçlarına göre firmaların toplam faktör verimliliğindeki bir iyileşmenin etkisi firmanın enerji yoğunluğunu azaltmaktadır. Enerji yoğunluğu ile verimlilik artışı arasındaki ilişki tüm modeller için negatif ve istatistiksel olarak anlamlıdır. Dolayısıyla, teknoloji için proxy olarak kullanılan *TFV* ile imalat sanayinde faaliyet gösteren firmaların enerji yoğunluğunun azaltılmasına yardımcı olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Çalışma birkaç açıdan yenilik içermektedir. İlk olarak, enerji ekonomisi ve enerji politikalarına yönelik literatürün cevaplamaya çalıştığı temel soru “Enerji yoğunluğunu azaltmaya yönelik politikalarda firma düzeyinde toplam faktör verimliliğinin rolü nedir?”’dir. Sanayi sektörü ve verimlilik arasındaki ilişkinin önemine literatürdeki birçok çalışmada dikkat çekilirken sektörde faaliyet gösteren enerji yoğunluğu yüksek olan firmaların düşük verimlilik düzeyine sahip olduğu vurgulanmaktadır. Bu da enerji yoğunluğunu düşürmeye yönelik olarak politika yapıcıların firma düzeyinde politikalar üretmesi ihtiyacını getirmiştir. Türkiye ekonomisi için enerji ekonomisi bağlamında yapılan birçok çalışma makro düzeyde olup enerji tüketiminden büyümeye ve/veya üretime yönelik nedensellik olduğu bulgusu mevcuttur (Erdal, Erdal, Esengün 2008; Karanfil, 2008; Erbaykal, 2008; Soytaş ve Sarı, 2007). Ülke ve sektör temelinde Türkiye ekonomisi için geniş literatür bulunmasına rağmen firma düzeyinde oldukça az sayıda çalışma vardır. Böylelikle bu çalışma, Türkiye toplam imalat sanayi ile birlikte enerji yoğunluğu yüksek olan dört alt sektörde faaliyet gösteren firmaların enerji yoğunluğu ve firmanın *TFV*'si arasındaki ilişkiyi ampirik olarak inceleyerek mevcut literatürdeki bu boşluğu doldurmayı ve politika tartışmalarına katkıda bulunmayı amaçlamaktadır. İkinci olarak literatürün cevaplamaya çalıştığı bir diğer soru da “Enerji yoğunluğundaki iyileşmeler sektörde faaliyet gösteren farklı firmalarda benzer mi yoksa firma bazında değişikliklerden mi kaynaklanıyor?” sorusudur. Bu kapsamda çalışma, imalat sanayinde faaliyet gösteren firmaların heterojen olduğunu dikkate alarak, enerji yoğunluğunun iyileştirilmesine yönelik olarak firmanın enerji yoğunluğu ile firmanın *TFV*'si, firma büyüklüğü, çalışan başı sermaye stoku, firmanın ihracatçı olup olmaması gibi firma özellikleri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Enerji açısından dışa bağımlılığı yüksek olan Türkiye ekonomisi için enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik çaba ve stratejilerin önemi giderek artmaktadır. Dolayısıyla, imalat sanayi için enerji yoğunluğunun azaltılması ve enerji yoğunluğunu etkileyen faktörlerin belirlenmesi oldukça önemlidir. Bu çalışmanın ampirik bulguları, enerji yoğunluğu ile toplam faktör verimliliği ve çok sayıda firma özelliği arasında güçlü bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Çalışma, üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde, mevcut literatür gözden geçirilmiştir. İkinci bölümde kullanılan veri seti ve model ile ilgili açıklamalar yer almaktadır. Üçüncü bölümde ise ekonometrik analizlerden elde edilen analiz bulgularını içermektedir.

I. LİTERATÜR

Politika yapımcılar ve akademik araştırmacılar tarafından enerji yoğunluğu ile büyüme arasındaki (potansiyel) nedensel ilişkinin çok sayıda ampirik literatür araştırması temelinde yaygın olarak kabul edilmesine rağmen, enerji yoğunluğu üzerinde TFV'deki değişimin itici bir güç olabileceği konusunda çok sınırlı çalışma vardır. Schurr (1982) ve Jorgenson (1984), enerji tüketimi ile toplam faktör verimliliği arasındaki güçlü bir ilişkinin olduğunu vurgularken Shen ve ark. (2019) teorik olarak TFV'nin teknik ilerlemenin bir ölçüsü olarak önemini ortaya koymuştur. Son yıllarda enerji ekonomisi alanındaki uygulamalı çalışmalar iki kısma ayrılabilir. Birincisi, enerji tüketimi ile büyüme ilişkisinin incelendiği ikincisi ise enerji tüketimi ile verimlilik ilişkisinin incelendiği çalışmalardan oluşmaktadır. Makro düzeyde Al-Iriani (2006), Lee (2006), Zachariadis (2007), Lee ve Chang (2007), Guttormsen (2007), Squalli (2007), Mahadevan ve Asafu-Adjaye (2007), Mehrara (2007), Chiou-Wei et al. (2008), Narayan ve Prasad (2008), Tsani (2010), Öztürk ve Acaravcı (2010), Costantini ve Martini (2010), Lee ve Chien (2010), Apergis and Payne (2011), Belke vd. (2011), Li ve diğ. (2011), Zhang ve diğ. (2011), Borozon (2013) ve Otsuka, Goto, Sueyoshi (2014) birçok ülke için enerji tüketimi ile ekonominin büyüme arasında nedensellik ilişkisini incelemişlerdir. Altınay ve Karagöl (2004), Soyaş ve Sari (2007), Jobert ve Karanfil (2007), Erdal ve ark.(2008), Karanfil (2008), Erbaykal (2008), Mucuk ve Uysal (2009), Özata (2010), Uzun, Emsen, Yalçıkaya, Hüseyini (2013), Akpolat ve Altıntaş (2013) ise Türkiye için ekonomik büyüme ve enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi incelemiş ve genellikle enerji tüketiminden büyümeye ve/veya üretime yönelik nedensellik olduğu bulgusuna ulaşmışlardır.

Özellikle gelişmekte olan ülkelerin üretim ve tüketim faaliyetlerini gerçekleştirmek için daha fazla enerji girdisine ihtiyaç duyduğu aşikardır. Bu süreçte diğer faktörlerin yanı sıra verimliliğin artırılması, teknolojik yapısının iyileşmesi ve üretim sürecinin yeniden yapılanması enerji verimliliği üzerinde güçlü bir rol oynamaktadır. Bu bağlamda enerji ekonomisi literatürünün ikinci kısmında ise birçok çalışmada, TFV ve enerji yoğunluğu arasındaki ilişkinin önemine işaret edilmiştir. Berndt, Kolstad ve Le (1993), Boyd ve Pang (2000), Fisher-Vanden, Jefferson ve Xu (2006), Hamomoto (2006), Popp, Newell, Jaffe (2009), Ladu ve Meleddu (2014), Hu, Li, Yang ve Islam (2016), Haider ve Ganaie (2017) ve Shen ve ark. (2019) sektör ve ülke bazında enerji yoğunluğu ve TFV verimlilik arasındaki ilişkiyi incelemiş ve çoğunlukla TFV'nin enerji verimliliği üzerinde olumlu etkisi olduğuna ulaşmışlardır.

Enerji literatüründe firma düzeyinde analizler ise oldukça az sayıdadır. Tablo 1'de hem firma bazında hem de sektör ve ülke bazında enerji yoğunluğunun belirleyicilerine ilişkin literatür özetlenmiştir. Subrahmanya (2006), Sahu ve Narayanan (2011), Goldar (2011), Sahu ve Sharma (2016), Haider ve Bhat (2020), Martinez- Zarzoso Roy-Mukherjee, Semrau, Voicu (2020), Sahu, Bagchi, Kumar, Tan (2022) ve Goldar ve Goldar (2023) Hindistan için, Bu, Li ve Jiang (2019), Cheng, Yu ve Zhang (2020) ve Chen, Chen, Jin ve Lu (2020) Çin için, Girma ve Hanley (2015) İngiltere için, Papadogonas, Mylonakis ve Georgopoulos (2007) ise Yunanistan için firma düzeyinde enerji yoğunluğunun belirleyicilerini analiz etmişlerdir.

Tablo 1. Enerji Yoğunluğunun Belirleyicilerine Yönelik Ampirik Çalışmalar

Yazarlar	Ülke	Belirleyiciler
Firma bazlı		
Subrahmanya (2006)	Hindistan	Sermaye yoğunluğu, işgücü verimliliği, sermaye verimliliği,
Papadogonas, Mylonakis ve Georgopoulos (2007)	Yunanistan	Firma büyüklüğü, firma yaşı, sermaye yoğunluğu, teknoloji sınıflama kuklası
Sahu ve Narayanan (2009)	Hindistan	Sermaye yoğunluğu, ihracat yoğunluğu, firma yaşı, firma yaşı ² , firma büyüklüğü, firma yaşı, firmanın kar marjı, teknoloji ithal yoğunluğu
Goldar (2011)	Hindistan	Firma büyüklüğü, nihai malın ithalat yoğunluğu, ara girdi ithal yoğunluğu, sermaye malları ithalat yoğunluğu, teknolojinin ithal yoğunluğu, satışların sabit sermayeye oranı, firma yaşı, AR-GE kuklası,
Dardati ve Saygılı (2012)	Şili	TFP, işgücü verimliliği, firma yaşı, ihracat kuklası, sermaye yoğunluğu, beşeri sermaye yoğunluğu
Girma ve Hanley (2015)	İngiltere	Verimlilik, yabancı sermaye, büyüklük
Sahu ve Sharma (2016)	Hindistan	TFV, üretim, üretim ² , teknoloji sınıflama kuklası, firma yaşı, firma yaşı ² , firma mülkiyeti kuklası, kırsal kentsel kuklası
Bu, Li ve Jiang (2019)	Çin	Firmanın yaşı, ücretler, firma büyüklüğü, yabancı ortaklık yapısı, sermaye-işgücü oranı
Haider ve Bhat (2020)	Hindistan	TFV, sermaye yoğunluğu, işgücü verimliliği, sektör yapısı
Chen, Chen, Jin ve Lu (2020)	Çin	Firma yaşı, çalışan sayısı, firma yaşı, ihracat, borç sermayesi oranı, sermaye-işgücü oranı, regülasyon sonrası
Cheng, Yu ve Zhang (2020)	Çin	İhracat yoğunluğu, mülkiyet, sermaye yoğunluğu, firmanın yaşı, kömür ve petrol tüketimi
Martínez-Zarzoso ve ark. (2020)	Hindistan	İhracat katlımı, ihracat yoğunluğu, TFV
Sahu ve ark. (2022)	Hindistan	İhracat yoğunluğu, TFV, TFV ² firma yaşı, Ar-Ge harcamalarının payı, vergi-kar oranı, vergi-satışlar oranı
Goldar ve Goldar (2023)	Hindistan	TFV, ihracat katlımı, ihracat yoğunluğu, yenilenebilir enerji payı, yaşı, ithal girdi yoğunluğu
Sektör ve ülke bazlı		
İskender ve Sözen (2016)	28 ülke	Teknik etkinlik değişimi (ölçek etkinliği ve saf teknik etkinlikteki değişim, teknolojik değişimi, TFV değişimi
Hu, Li, Yang ve Islam (2016)	Çin	TFV
Pang ve Su (2017)	Çin	Ölçek etkinliği, saf teknik etkinlik, değişimi, teknolojik değişimi, ikincil sanayi payı, enerji arzı kısıtı
Soni, Mittal ve Kapshe (2017)	Hindistan	İşgücü yoğunluğu, vergi sonrası karlılık, ithal girdi yoğunluğu, teknolojik gelişme, ham madde yoğunluğu, makine teçhizat yoğunluğu
Filipovic, Verbic ve Radovanovic (2015)	Avrupa Birliği	Elektrik fiyatı, kişi başı gelir, kişi başı nihai enerji tüketimi, iç tüketim büyümesi, enerji vergisinin gecikmesi
Zheng, Qi ve Chen (2011)	Çin	İhracat, doğrudan yabancı sermaye yoğunluğu, ekonomik yapıdaki değişim, teknolojik etkinlik
Shen ve ark. (2019)	Çin	TFP, kamu harcamaların GSYİH içindeki payı, sermaye-işgücü oranı, CO ₂ ile ilgili düzenleme

II. EKONOMİK MODEL VE VERİ

Enerji yoğunluğu ve firma karakteristik özellikleri arasındaki ilişkinin sınanmasında Papadogonas, Mylonakis ve Georgopoulos (2007) ve Sahu ve Sharma (2016) temel alınarak oluşturulan ekonomik model aşağıdaki gibi yer almaktadır.

$$EI_{it} = \alpha + \beta_1 TFV_{it} + \beta_2 kbss_{it} + \beta_3 ihr_{it} + \beta_4 büyüklük_{it} + \beta_5 d_tek dum_{it} + \beta_6 ortd_tek dum_{it} + \beta_7 yk_tek dum_{it} + \beta_8 2009 dummy_{it} + v_{it}$$

Firma düzeyinde enerji yoğunluğu bağımlı değişken olarak modelde yer alırken, enerji yoğunluğunun belirleyicileri olarak literatür incelendiğinde toplam faktör verimliliği (TFV), çalışan başı sermaye stoku (kbss), firmanın ihracatçı olup olmaması (ihr), firma büyüklüğü (büyüklük) ve teknoloji kuklası modele dahil edilmiştir. Temel olarak toplam imalat sanayi ve enerji yoğunluğu yüksek olan dört alt sektör için firma bazında TFV ve enerji yoğunluğu ilişkisi en dar modelde araştırılırken sırasıyla

enerji yoğunluğunun diğer belirleyicileri de modele dahil edilerek en geniş modele doğru tahminler yapılmıştır. Model tahminlerinde sektör ve yıla özgü etkiler dahil edilmiştir.

Türkiye imalat sanayinde faaliyet gösteren firmaların 2003-2015 yıllarına ilişkin verileri Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) tarafından oluşturulan “Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistikleri (YSHI) Anketi” ve “Dış Ticaret İstatistikleri” veri tabanlarından elde edilmiştir. Analize, YSHI anketinde imalat sanayide en az üç yıl faaliyet gösteren, 20 ve daha üzeri çalışanı olan firmalar dahil edilmiştir. Kullanılan değişkenler TÜİK’ten alınan ilgili sektöre ait yurt içi üretici fiyat endeksleri kullanılarak reelleştirilmiştir. Burada yatırımlar için sermaye malı fiyat endeksi, firmanın katma değeri, satışları, toplam gelirleri, toplam giderleri için 4’lü düzeyde hesaplanan sektörel yurtiçi üretici fiyat endeksi kullanılmıştır. Modelde kullanılan değişkenlerin tanımlamalarına Tablo 2’de yer verilmektedir.

Tablo 2. Değişkenlerin Tanımı

<i>EI</i>	Firmanın enerji yoğunluğu. Firmanın toplam elektrik tüketiminin katma değere oranı olarak tanımlanmıştır.
<i>TFV</i>	Firmanın TFV’si yarı parametrik metod olan Levinsohn-Petrin (L-P) (2003) yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Üretim fonksiyonu tahmininde bağımlı değişken olarak, firmanın faktör maliyeti ile katma değeri kullanılmıştır. TÜİK Yıllık Sanayi ve Hizmet İstatistikleri metodoloji kısmında faktör maliyeti ile katma değer işletme sübvansiyonları ve dolaylı vergilerdeki düzeltmelerden sonra, işletme faaliyetlerinden elde edilen gayri safi gelir olarak hesaplanmıştır. Bağımsız değişken olarak ise çalışan sayısı ve sermaye stoku kullanılmıştır. YSHI anketinde sermaye stoku verisi bulunmadığından dolayı sermaye stoku öncelikle Aralıksız Envanter Yöntemi’ne göre hesaplanmıştır. Sektörel (Nace Rev. 2, 4 digit) Cobb-Douglas üretim fonksiyonu tahmin edilmiş ve sektördeki firmaların TFV’leri hesaplanmıştır.
<i>büyüklik</i>	Firmanın büyüklük göstergesi olarak firmanın çalışan sayısı alınmıştır.
<i>kbss</i>	Sermaye stokunun çalışan sayısına oranı (K/L)
<i>ihr</i>	İhracat kuklası, sektörde faaliyet gösteren ihracatçı firmalara 1 ihracatçı olmayanlara ise 0 verilmiştir.
<i>2009dummy</i>	2008 küresel krizi dikkate almak için 2009 yılı kuklası
İleri, orta ve düşük teknoloji kuklası	EUROSTAT teknoloji sınıflamasına göre tanımlanmıştır.

Türkiye imalat sanayinde enerji yoğun sektörlerin ekonomide önemli bir paya sahip olması, firmanın ihracatçı olup olmaması ile enerji yoğunluğu arasındaki ilişkinin sınanmasını politika yapımcılar için ihracat ve enerji verimliliğini sağlamada mevcut ve ileriye dönük politikaların belirlenmesi açısından önemlidir. Firmanın ihracat statüsü enerji yoğunluğunu etkilemektedir. Bir taraftan firmalar uluslararası ticarete standartların daha da katı hale gelmesi ile birlikte dünya pazarında ihrac ettikleri ürünlerin rekabet gücünü arttırmaya çalışmakta ve enerji tasarrufu sağlayıcı teknolojileri kullanmaktadır. İhracat piyasasında bu maliyetleri karşılayabilen firmaların ise belirli bir verimlilik düzeyinin üzerinde olan firmalar dış pazara açılabilir (Melitz, 2003). Diğer taraftan, firmaların enerji yoğun ürünleri ve birincil ürünleri daha fazla ihracat etmesi ise enerji yoğunluğunu arttırmaktadır (Zheng, Qi ve Chen, 2011). Firmanın ihracat statüsünün enerji yoğunluğu üzerinde beklenen etkisi literatürdeki çalışmaların sonuçlarına bakıldığında karışıktır. Cole, Elliott, Strobl (2008), Dardati ve Saygılı (2012), Roy and Yaşar (2015) ihracatçı olan firmaların ihracatçı olmayan firmalara göre daha az enerji yoğun olduğu sonucuna ulaşmıştır. Batrokova ve Daves (2012) çalışmasında ihracatçı firmaların üretime birlikte enerji kullanımının artmasında rağmen bu firmaların diğer yandan daha enerji tasarrufu sağlayan teknolojileri benimsediğine yönelik bulgulara ulaşmıştır. Zheng ve ark. (2011) ise ihracat ile enerji yoğunluğu arasında pozitif bir ilişki olduğu sonucuna ulaşırken Sadorsky (2012)’de enerji tüketimindeki bir azalmanın uluslararası rekabet gücünü etkileyebileceğini ihracata yönelik malların üretiminde olumsuz etkisi olabileceğini vurgulamıştır.

Enerji yoğunluğunun diğer bir belirleyicisi firma büyüklüğüdür. Büyük firmaların ölçek ekonomisi avantajları nedeniyle daha az enerji yoğun olması beklenmektedir. Ayrıca daha büyük firmalar genellikle daha yüksek bir kar düzeyine sahip olduğundan dolayı enerji tasarrufu sağlayan

yatırımlarda bulunacağından firma büyüklüğü enerji yoğunluğu üzerinde etkili olmaktadır (Fan, Pan, Liu, Zhou, 2017).

Enerji yoğunluğunu belirleyicisi arasında yer alan diğer bir değişken ise imalat sanayi alt sektörlerinde teknoloji sınıflamasıdır. Papadogonas, Mylonakis, Georgopoulos (2007) ‘de Ar-Ge harcamalarının yüksek olduğu sektörlerde üretim sürecinde ileri teknolojiye sahip üretim yapılması ile daha düşük enerji yoğunluğuna yol açabileceğini belirtmiştir. Modelimize, EUROSTAT sınıflandırmasına dayalı olarak imalat sanayi alt sektörlerinde Ar-Ge harcamaları için Proxy olarak teknoloji yoğunluğu kuklası modele dahil edilmiştir. Son olarak ise 2008 küresel krizi dikkate almak ve enerji yoğunluğu üzerinde etkisini belirlemek için bir sonraki dönem olan 2009 yılı kuklası modele dahil edilmiştir.

III. ANALİZ SONUÇLARI

Türkiye toplam imalat sanayi ve Türkiye imalat sanayinde enerji tüketim payının yüksek olduğu dört alt sektöre ilişkin firmanın enerji yoğunluğu ve firmanın *TFV* arasındaki ilişkiyi inceleyen en dar kapsamlı modelden firmanın diğer karakteristik özellikleri eklenerek oluşturulan modellerin tahmin sonuçlarına Tablo 3’de yer verilmiştir. Seçilen alt sektörler sırasıyla Çimento, Kireç ve Alçı İmalatı Sektörü (2352), Tekstil Elyafının Hazırlanması ve Bükülmesi Sektörü (1310), Dokuma Sektörü (1320) ve Ana Demir ve Çelik ürünleri ile ferro alaşımların imalatı (2410) sektörüdür. Türkiye toplam imalat sanayiye ilişkin tahmin edilen modellerde, sektör etkisi ve yıl etkisi modele dahil edilmiştir.

Tablo 3. Tahmin Sonuçları

Değişkenler	İmalat Sanayi Sektörü		Çimento, Kireç ve Alçı İmalatı Sektörü (2352)		Tekstil Elyafının Hazırlanması ve Bükülmesi Sektörü (1310)		Dokuma Sektörü (1320)		Ana demir ve çelik ürünleri ile ferro alaşımların imalatı sektörü (2410)	
	(1) EI	(2) EI	(3) EI	(4) EI	(5) EI	(6) EI	(7) EI	(8) EI	(9) EI	(10) EI
<i>TFV</i>	-0,87	-0,86	-0,752	-0,735	-0,881	-0,880	-0,898	-0,911	-0,753	-0,782
<i>sh</i>	0,01	0,01	0,067	0,070	0,027	0,028	0,027	0,025	0,076	0,073
<i>prob.</i>	0,00	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
<i>kbss</i>		-0,10		-0,158		-0,057		-0,155		-0,251
<i>sh</i>		0,01		0,059		0,025		0,028		0,081
<i>prob.</i>		0,00		0,009		0,025		0,000		0,002
<i>ihr</i>		0,02		0,065		-0,026		-0,004		-0,038
<i>sh</i>		0,01		0,152		0,045		0,029		0,127
<i>prob.</i>		0,02		0,673		0,568		0,899		0,864
<i>büyüklik</i>		-0,19		-0,070		-0,281		-0,014		-0,200
<i>sh</i>		0,01		0,139		0,055		0,053		0,223
<i>prob.</i>		0,00		0,618		0,000		0,791		0,372
<i>2009dum</i>		-0,32		0,170		0,203		0,171		-0,446
<i>sh</i>		0,02		0,212		0,049		0,034		0,223
<i>prob.</i>		0,00		0,425		0,425		0,000		0,047
<i>d_tekdum</i>	4,34	4,22								
<i>sh</i>	2,01	2,00								
<i>prob.</i>	0,03	0,04								
<i>yk_tekdum</i>	3,58	3,99								
<i>sh</i>	1,98	1,99								
<i>prob.</i>	0,07	0,05								
<i>ortd_tekdum</i>	2,44	2,41								
<i>sh</i>	1,92	1,91								
<i>prob.</i>	0,20	0,21								
<i>sabit</i>	1,24	2,89	4,429	6,224	7,328	8,547	5,049	6,934	4,186	6,831
<i>sh</i>	1,98	1,98	0,542	1,280	0,256	0,410	0,235	0,414	0,575	0,760
<i>prob.</i>	0,53	0,14	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
N	150538	150538	633	633	3133	3133	4048	4048	891	891
<i>r2_o</i>	0,14	0,09	0,001	0,003	0,161	0,087	0,235	0,233	0,039	0,007
<i>r2_b</i>	0,10	0,05	0,161	0,222	0,047	0,008	0,095	0,086	0,004	0
<i>r2_w</i>	0,25	0,25	0,24	0,252	0,383	0,395	0,395	0,409	0,194	0,214
F	333,36	331,77	17,01	18,10	165,73	154,27	174,57	161,14	27,00	27,78
	(0,00)	(0,00)	(0,00)	(0,00)	(0,00)	(0,00)	(0,00)	(0,00)	(0,00)	(0,00)

İmalat sanayi tahmin sonuçlarına göre firmanın *TFV* artışı ile enerji yoğunluğu arasında negatif bir ilişki bulunmaktadır. Firmanın *TFV* artışı firmanın enerji yoğunluğunu azalttığını göstermektedir. Bu nedenle, teknolojik ilerleme seviyesindeki herhangi bir iyileşme, enerji verimliliği üzerinde olumlu bir etkiye sahip olacaktır. Haider ve Bhat (2019) çalışmasında belirttiği gibi *TFV* ile enerji yoğunluğu arasındaki bu ilişki firmaların enerji gereksinimleri ve tüketiminde daha yüksek verimlilik elde etmek için teknolojik yeniliğin kaçınılmaz gerekliliğini vurgulamaktadır. Ayrıca, iyileştirilmiş teknolojik standartlar sadece enerji verimliliğini sağlamakla kalmayacak, aynı zamanda üretim zincirinde çevresel sürdürülebilirliğe engel olabilecek her türlü aksaklıkları da önleyecektir. Enerji yoğunluğunun diğer bir belirleyicisi çalışan başı sermaye stoku ile enerji yoğunluğu arasında negatif bir ilişki vardır ve çalışan başı sermaye stokundaki artış ise firmanın enerji yoğunluğunu azaltmaktadır. Diğer taraftan, çalışmanın bir diğer önemli bulgusu, ihracatçı firmaların enerji yoğunluğu daha yüksektir. Batrakova ve Davies (2012) ihracata katılımın daha yüksek enerji yoğun sektörlerde faaliyet gösteren firmaların görece olarak daha az enerji yoğun sektörlerde faaliyet gösteren firmalara göre daha güçlü olacağını vurgulamıştır.

Özetle sonuçlar *TFV*, çalışan başı sermaye stoku artışı ile firma büyüklüğünün enerji yoğunluğunu azalttığını gösterirken diğer taraftan, ihracatçı firmaların enerji yoğunluğunun daha yüksek olduğunu ve 2008 küresel kriz sonrasında, Türk firmalarının enerji yoğunluğunu azaltma eğiliminde olduğunu göstermektedir. Ayrıca, teknoloji sınıflamasını belirten kukla değişken, orta düşük teknolojili firmalar haricinde istatistiksel olarak anlamlı çıkmıştır. Sonuçlar, yüksek teknolojili firmalarla karşılaştırıldığında, düşük teknolojili firmaların enerji yoğun olduğunu göstermektedir.

İmalat sanayinde enerji yoğunluğu görece olarak daha yüksek olan alt sektör tahmin sonuçları Tablo 3’de yer almaktadır. Çimento, Kireç ve Alçı İmalatı Sektörüne ilişkin (2352) firmanın karakteristik özelliklerinin firmanın enerji yoğunluğu üzerine etkisinin tahmin sonuçlarına göre, tahmin edilen modellerde firmanın *TFV*’nin teorik beklentilere uygun olarak negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Firmanın *TFV*’sindeki bir artışın firmanın enerji yoğunluğunu azalttığını göstermektedir. Firmanın çalışan başı sermaye stokundaki artış ise firmanın sermaye yoğunluğunu azaltmaktadır. İhracat kuklası, büyüklük ve 2009 kuklası ise istatistiksel olarak anlamsızdır.

Tekstil Elyafının Hazırlanması ve Bükülmesi Sektörünün (1310) tahmin sonuçlarına göre modellerde firmanın *TFV*’sindeki bir artışın firmanın enerji yoğunluğunu azalttığını sonucuna ulaşılmıştır. En geniş modelin sonuçlarına göre hem firmanın *TFV*’si hem de çalışan başı sermaye stoku ve ölçek ekonomilerinin etkisini gösteren firma büyüklüğü ile enerji yoğunluğu arasında negatif ve anlamlı bir ilişkinin olduğu görülmektedir. İhracat kuklası ve 2009 kuklası ise analiz sonuçlarına göre istatistiksel olarak anlamsızdır.

Türkiye imalat sanayi alt sektörlerinden rekabetçi ve ihracat payı yüksek bir sektör olan Dokuma Sektörü (1320) tahmin sonuçlarına göre *TFV*, çalışan başı sabit sermaye stoku ve 2008 küresel kriz etkisini ortaya koyan kriz kuklası istatistiksel olarak anlamlıdır. İmalat sanayinin toplam ihracatında önemli bir paya sahip olan Dokuma sektöründe 2008 küresel krizin firmanın enerji yoğunluğunu arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu sektörde sonuçlar sabit sermaye yatırımlarının firmanın enerji yoğunluğunu azalttığını göstermektedir.

Türkiye imalat sanayinde enerji yoğunluğu ve ihracat payı oldukça yüksek olan alt sektörlerinden Ana demir ve çelik ürünleri ile ferro alaşımların imalatı sektörünün (2410) tahmin sonuçlarına göre firma düzeyinde *TFV* ve çalışan başı sermaye stokundaki artışın firmaların enerji yoğunluğunu azalttığını ortaya koymaktadır. 2008 küresel kriz sonrasında ise sektörde faaliyet gösteren firmaların enerji yoğunluğunu azaltma eğiliminde olduğunu göstermektedir.

İmalat sanayinin firma düzeyinde yapılan analiz sonuçlarına göre bütüncül açıdan bakıldığında, *TFV*, çalışan başı sermaye stoku ve firmanın ihracatçı olup olmaması enerji yoğunluğu üzerinde önemli bir etkiye sahipken imalat sanayi alt sektörlerinde firmanın *TFV*’si ve çalışan başı sermaye stokunun enerji yoğunluğunu azaltmada diğer bir ifade ile enerji verimliliğini arttırmada önemli bir rol oynadığı söylenebilir. Montalbano ve Nenci (2019)’da belirttiği gibi enerji verimliliği ile firma karakteristik özellikleri arasındaki ilişki sanayi sektörüne göre heterojen sonuçlar göstermektedir.

SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Türkiye ekonomisinin ihracat hedeflerine ulaşılması ve enerji yoğunluğunun azaltılması yönünde firma bazlı veri kaynağı oluşturularak firma bazlı selektif politika önerileri oluşturulması oldukça önemli hale gelmiştir. Bu çalışmada, Türkiye imalat sanayinde faaliyet gösteren firmaların enerji yoğunluğu ile firma karakteristik özellikleri arasındaki ilişki incelenerek, Türkiye Ekonomisinin enerji politikalarına yönelik firma temelli veri kaynaklarına dayalı oluşturulan sonuçların politika yapıcılar için yol gösterici olması amaçlanmıştır. Çalışmanın ampirik bulgularına göre, firma düzeyinde *TFV* ve çalışan başı sermaye stokundaki artışın firmaların enerji yoğunluğunu azalttığını ortaya koymaktadır. Firma büyüklüğü ile enerji yoğunluğu arasında negatif bir ilişki varken ihracatçı firmaların ihracatçı olmayanlara göre daha enerji yoğun olduğuna yönelik bulgulara ulaşılmıştır. İmalat sanayi seçilmiş alt sektörlerine ilişkin çalışmanın sonuçlarına göre, firma düzeyinde çalışan başı sermaye stoku ve verimlilik artışı firmanın enerji yoğunluğunu azaltmaktadır. Dolayısıyla, toplam imalat sanayi ve seçilmiş imalat sanayi alt sektörlerinde, firmaların *TFV*'nin artışının firmanın enerji yoğunluğunu azalttığı görülmektedir. Böylelikle enerji yoğunluğunun azaltılması hedefinde firmanın *TFV*'ini ve firmanın sabit sermaye stokunu arttırmaya yönelik politikaların oluşturulması önem kazanmaktadır.

Firma bazlı bu çalışmanın bulguları, Türkiye'nin Kalkınma Planlarında enerji etkinliğinin artırılmasına yönelik belirlenen hedefleri doğrultusunda, enerji yoğunluğunun azaltılmasına yönelik olarak firmanın *TFV*'sine ve firmaların karakteristik özelliklerine işaret etmesi açısından önemlidir. Dolayısıyla önemli politika çıkarımlarına sahiptir. Mevcut politikaların gözden geçirilerek enerji yoğunluğunu düşürmeyi amaçlayan politikaların belirlenmesinde verimlilik kazanımını sağlayıcı faktörlerin varlığı dikkate alınmalıdır. Diğer yandan firmalar arasındaki heterojenliğin varlığı nedeniyle bütün firmalara ya da bütün sektörler uyan tek bir politikadan bahsedemeyiz. Kısacası, sonuçlardan politika yapıcıların enerji verimliliğini artırıcı teknolojinin araştırılması ve geliştirilmesine yönelik yatırım projelerinin sağlanması ya da üstlenilmesi gerekliliği görülmektedir. Enerjinin verimli kullanılması ve çevresel sürdürülebilirlik için gerekli sermaye ile birlikte toplam faktör verimliliğini arttırmayı amaçlayan firma bazlı politikalara önem verilmelidir.

Diğer taraftan, ihracatçı firmaların ihracatçı olmayan firmalara göre enerji yoğunluğunun daha yüksek olduğu bulgusuna ulaşılmaktadır. İhracatın imalat sanayide enerji yoğunluğu üzerinde önemli bir artırıcı etkisinin olduğu görülmektedir. Bu bulgular değerlendirildiğinde, ihracatı teşvik eden politikalarla enerji yoğunluğunu azaltmaya yönelik olan politikalar çelişmektedir. Böylelikle enerji yoğun üretimi teşvik eden politikalarla vazgeçilmesi ve firmaların enerji verimsiz üretime karşı koruma sağlamak için çeşitli düzenlemeler getirilmelidir. Kısacası çalışmanın bulguları, makro bir politikanın değil enerjinin verimli kullanılmasını teşvik etmeyi amaçlayan politika ve tedbirlerin hem enerji yoğunluğunun azaltılması hem de ihracat artışının verimlilik artışı ile bağdaştırılması gerekliliğine ve firma bazlı selektif politikalara işaret etmesi açısından önemli ipuçları vermektedir.

KAYNAKÇA

- Akpolat, A. G., & Altıntaş, N. (2013). Enerji Tüketimi İle Reel Gsyih Arasındaki Eşbütünlük ve Nedensellik İlişkisi: 1961-2010 Dönemi. *Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi*, 8(2), 115-127.
- Al-Iriani, M. A. (2006). Energy–GDP relationship revisited: an example from GCC countries using panel causality. *Energy policy*, 34(17), 3342-3350.
- Altınay, G., & Karagol, E. (2004). Structural break, unit root, and the causality between energy consumption and GDP in Turkey. *Energy economics*, 26(6), 985-994.
- Apergis, N., & Payne, J. E. (2011). A dynamic panel study of economic development and the electricity consumption-growth nexus. *Energy Economics*, 33(5), 770-781.
- Atesagaoglu, O. E., Elgin, C., & Oztunali, O. (2017). TFP growth in Turkey revisited: The effect of informal sector. *Central Bank Review*, 17(1), 11-17.

- Batrkova, S., & Davies, R. B. (2012). Is there an environmental benefit to being an exporter? Evidence from firm-level data. *Review of World Economics*, 148, 449-474.
- Belke, A., Dobnik, F., & Dreger, C. (2011). Energy consumption and economic growth: New insights into the cointegration relationship. *Energy Economics*, 33(5), 782-789.
- Berndt, E., Kolstad, C., & Lee, J. K. (1993). Measuring the energy efficiency and productivity impacts of embodied technical change. *The Energy Journal*, 14(1).
- Borozan, D. (2013). Exploring the relationship between energy consumption and GDP: Evidence from Croatia. *Energy Policy*, 59, 373-381.
- Boyd, G. A., & Pang, J. X. (2000). Estimating the linkage between energy efficiency and productivity. *Energy policy*, 28(5), 289-296.
- Bu, M., Li, S., & Jiang, L. (2019). Foreign direct investment and energy intensity in China: Firm-level evidence. *Energy Economics*, 80, 366-376.
- Chen, D., Chen, S., Jin, H., & Lu, Y. (2020). The impact of energy regulation on energy intensity and energy structure: Firm-level evidence from China. *China Economic Review*, 59, 101351.
- Cheng, D., Yu, J., & Zhang, H. (2021). Exporting and electricity consumption: new microeconomic evidence from manufacturing firms in China. *Applied Economics Letters*, 28(14), 1226-1233.
- Chiou-Wei, S. Z., Chen, C. F., & Zhu, Z. (2008). Economic growth and energy consumption revisited—evidence from linear and nonlinear Granger causality. *Energy Economics*, 30(6), 3063-3076.
- Choi, B., Park, W., & Yu, B. K. (2017). Energy intensity and firm growth. *Energy Economics*, 65, 399-410.
- Cole, M. A., Elliott, R. J., & Strobl, E. (2008). The environmental performance of firms: The role of foreign ownership, training, and experience. *Ecological Economics*, 65(3), 538-546.
- Costantini, V., & Martini, C. (2010). The causality between energy consumption and economic growth: A multi-sectoral analysis using non-stationary cointegrated panel data. *Energy Economics*, 32(3), 591-603.
- Dardati, E., & Saygili, M. (2012). Multinationals and environmental regulation: are foreign firms harmful?. *Environment and Development Economics*, 17(2), 163-186.
- Erbaykal, E. (2008). Disaggregated energy consumption and economic growth: evidence from Turkey. *International Research Journal of Finance and Economics*, 20, 172-179.
- Erdal, G., Erdal, H., & Esengün, K. (2008). The causality between energy consumption and economic growth in Turkey. *Energy Policy*, 36(10), 3838-3842.
- Fan, L. W., Pan, S. J., Liu, G. Q., & Zhou, P. (2017). Does energy efficiency affect financial performance? Evidence from Chinese energy-intensive firms. *Journal of Cleaner Production*, 151, 53-59.
- Filipović, S., Verbič, M., & Radovanović, M. (2015). Determinants of energy intensity in the European Union: A panel data analysis. *Energy*, 92, 547-555.
- Fisher-Vanden, K., Jefferson, G. H., Jingkui, M., & Jianyi, X. (2006). Technology development and energy productivity in China. *Energy Economics*, 28(5-6), 690-705.
- Girma, S., & Hanley, A. (2015). How green are exporters?. *Scottish Journal of Political Economy*, 62(3), 291-309.
- Goldar, B. (2011). Energy intensity of Indian manufacturing firms: effect of energy prices, technology and firm characteristics. *Science, Technology and Society*, 16(3), 351-372
- Goldar, B., & Goldar, A. (2023). Impact of export intensity on energy intensity in manufacturing plants: Evidence from India. *The Journal of International Trade & Economic Development*, 32(4), 639-664.
- Guttormsen, A. G. (2007). Causality between energy consumption and economic growth. *The journal of energy and development*, 33(1), 1-22.
- Haider, S., & Bhat, J. A. (2020). Does total factor productivity affect the energy efficiency: Evidence from the Indian paper industry. *International Journal of Energy Sector Management*, 14(1), 108-125.
- Haider, S., & Ganaie, A. A. (2017). Does energy efficiency enhance total factor productivity in case of India?. *OPEC Energy Review*, 41(2), 153-163.
- Hu, H., Li, X., Yang, F., & Islam, J. (2016). Total factor productivity and energy intensity: an empirical study of China's cement industry. *Emerging Markets Finance and Trade*, 52(6), 1405-1413.
- İskender, Ü., & Sözen, A. (2016). Total factor productivity change of Turkey's energy intensity. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, and Policy*, 11(2), 165-175.

- Jobert, T., & Karanfil, F. (2007). Sectoral energy consumption by source and economic growth in Turkey. *Energy policy*, 35(11), 5447-5456.
- Jorgenson, D. W. (1984). The role of energy in productivity growth. *The Energy Journal*, 5(3).
- Karanfil, F. (2008). Energy consumption and economic growth revisited: Does the size of unrecorded economy matter?. *Energy policy*, 36(8), 3029-3035.
- Ladu, M. G., & Meleddu, M. (2014). Is there any relationship between energy and TFP (total factor productivity)? A panel cointegration approach for Italian regions. *Energy*, 75, 560-567.
- Lee, C. C. (2006). The causality relationship between energy consumption and GDP in G-11 countries revisited. *Energy policy*, 34(9), 1086-1093.
- Lee, C. C., & Chang, C. P. (2007). The impact of energy consumption on economic growth: Evidence from linear and nonlinear models in Taiwan. *Energy*, 32(12), 2282-2294.
- Lee, C. C., & Chien, M. S. (2010). Dynamic modelling of energy consumption, capital stock, and real income in G-7 countries. *Energy Economics*, 32(3), 564-581.
- Li, Y., Nan, F., & Nan, F. (2011). Relationship between energy consumption and economic growth: Empirical study based on data on Hebei province from 1980 to 2008. *Systems Engineering Procedia*, 1, 117-123.
- Mahadevan, R., & Asafu-Adjaye, J. (2007). Energy consumption, economic growth and prices: A reassessment using panel VECM for developed and developing countries. *Energy policy*, 35(4), 2481-2490.
- Montalbano, P., & Nenci, S. (2019). Energy efficiency, productivity and exporting: firm-level evidence in Latin America. *Energy Economics*, 79, 97-110.
- Martínez-Zarzoso, I., Roy-Mukherjee, S., Semrau, F. O., & Voicu, A. M. (2020). *Pollution Reduction by Rationalization in Indian Firms* (No. 2020.01).
- Mehrara, M. (2007). Energy consumption and economic growth: the case of oil exporting countries. *Energy policy*, 35(5), 2939-2945.
- Melitz, M. J. (2003). The impact of trade on intra-industry reallocations and aggregate industry productivity. *econometrica*, 71(6), 1695-1725.
- Mucuk, M., & Uysal, D. (2009). Türkiye ekonomisinde enerji tüketimi ve ekonomik büyüme. *Maliye Dergisi*, 157(1), 105-115.
- Narayan, P. K., & Prasad, A. (2008). Electricity consumption–real GDP causality nexus: Evidence from a bootstrapped causality test for 30 OECD countries. *Energy policy*, 36(2), 910-918.
- Otsuka, A., Goto, M., & Sueyoshi, T. (2014). Energy efficiency and agglomeration economies: The case of Japanese manufacturing industries. *Regional Science Policy & Practice*, 6(2), 195-212.
- Özata, E. (2010). Türkiye'de Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkilerin Ekonometrik İncelemesi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (26).
- Öztürk, I., & Acaravcı, A. (2010). Energy consumption and CO2 emissions economic growth in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14(9), 3220-3225.
- Pang, D., & Su, H. (2017). Determinants of energy intensity in Chinese provinces. *Energy & Environment*, 28(4), 451-467.
- Papadogonas, T., Mylonakis, J., & Georgopoulos, D. (2007). Energy consumption and firm characteristics in the Hellenic manufacturing sector. *International journal of energy technology and policy*, 5(1), 89-96.
- Popp, D., Newell, R. G., & Jaffe, A. B. (2009). *Energy, the environment, and technological change*. (14832). Cambridge, MA.
- Roy, J., & Yasar, M. (2015). Energy efficiency and exporting: Evidence from firm-level data. *Energy Economics*, 52, 127-135.
- Sadorsky, P. (2012). Energy consumption, output and trade in South America. *Energy Economics*, 34(2), 476-488.
- Sahu, S., & Narayanan, K. (2011). Determinants of Energy Intensity: A preliminary investigation of Indian manufacturing. *Eurasian Journal of Business and Economics*, 4 (8),13–30.
- Sahu, S. K., & Sharma, H. (2016). Productivity, Energy Intensity and Output: A Unit Level Analysis of the Indian Manufacturing Sector. *Journal of Quantitative Economics*, 14(2), 283-300.
- Sahu, S. K., Bagchi, P., Kumar, A., & Tan, K. H. (2022). Technology, price instruments and energy intensity: a study of firms in the manufacturing sector of the Indian economy. *Annals of Operations Research*, 1-21.

- Schurr, S. H. (1982). Energy efficiency and productive efficiency: some thoughts based on American experience. *The Energy Journal*, 3(3).
- Shen, X., Lin, B., & Wu, W. (2019). R&D efforts, total factor productivity, and the energy intensity in China. *Emerging Markets Finance and Trade*, 55(11), 2566-2588.
- Soni, A., Mittal, A., & Kapshe, M. (2017). Energy Intensity analysis of Indian manufacturing industries. *Resource-Efficient Technologies*, 3(3), 353-357.
- Soytas, U., & Sari, R. (2007). The relationship between energy and production: evidence from Turkish manufacturing industry. *Energy economics*, 29(6), 1151-1165.
- Squalli, J. (2007). Electricity consumption and economic growth: Bounds and causality analyses of OPEC members. *Energy economics*, 29(6), 1192-1205.
- Subrahmanya, M. B. (2006). Energy intensity and economic performance in small scale bricks and foundry clusters in India: does energy intensity matter?. *Energy policy*, 34(4), 489-497.
- Tsani, S. Z. (2010). Energy consumption and economic growth: A causality analysis for Greece. *Energy Economics*, 32(3), 582-590.
- Tzeremes, P. (2020). The impact of total factor productivity on energy consumption and CO2 emissions in G20 countries. *Econ. Bull*, 40(3), 2179-2192.
- Uzun, A. , Emsen, Ö. S. , Yalçıkaya, Ö. & Hüseyini, İ. (2013). Toplam Elektrik Üretimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye Örneği (1980-2010). *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 17 (3) , 327-344
- Zachariadis, T. (2007). Exploring the relationship between energy use and economic growth with bivariate models: New evidence from G-7 countries. *Energy economics*, 29(6), 1233-1253.
- Zhang, J., Deng, S., Shen, F., Yang, X., Liu, G., Guo, H., ... & Wang, Y. (2011). Modeling the relationship between energy consumption and economy development in China. *Energy*, 36(7), 4227-4234.
- Zheng, Y., Qi, J., & Chen, X. (2011). The effect of increasing exports on industrial energy intensity in China. *Energy Policy*, 39(5), 2688-2698.

Etik Beyanı : Bu çalışmanın tüm hazırlanma süreçlerinde etik kurallara uyulduğunu yazarlar beyan eder. Aksi bir durumun tespiti halinde ÖHÜİBF Dergisinin hiçbir sorumluluğu olmayıp, tüm sorumluluk çalışmanın yazar(lar)ına aittir. Bu makale, EconAnadolu 2017, V. Anadolu Uluslararası İktisat Kongresi'nde sunulan "Türkiye İmalat Sanayinde Firma Bazında Enerji Yoğunluğu ve Toplam Faktör Verimliliği" başlıklı ve II. Uluslararası Stratejik Araştırmalar Kongresi'nde sunulan "Enerji Yoğunluğu ve Verimlilik Arasındaki İlişkinin Türkiye İmalat Sanayi Alt Sektörleri için Tahmini" başlıklı bildirimlerin genişletilmiş halidir.

Ethics Statement : The authors declare that ethical rules are followed in all preparation processes of this study. In case of detection of a contrary situation, ÖHÜİBF Journal does not have any responsibility and all responsibility belongs to the author (s) of the study. This article is an expanded version of the papers presented at the 5th Anadolu International Economics Congress in 2017 with the title "Energy Intensity and Total Factor Productivity at the Firm Level in Turkish Manufacturing Industry" and the 2nd International Strategic Research Congress with the title "Estimation of the Relationship Between Energy Intensity and Productivity for Sub-Sectors of the Turkish Manufacturing Industry."
